

HENRY

Hydraulic Engineering Repository

Ein Service der Bundesanstalt für Wasserbau

Conference Paper, Published Version

Ehmann, Rainer

Verkehrslastmodelle für Brücken – Einführung

Verfügbar unter/Available at: <https://hdl.handle.net/20.500.11970/105296>

Vorgeschlagene Zitierweise/Suggested citation:

Ehmann, Rainer (2018): Verkehrslastmodelle für Brücken – Einführung. In: Bundesanstalt für Wasserbau (Hg.): Entwicklungen und Fortschritte im Brücken- und massiven Verkehrswasserbau. Karlsruhe: Bundesanstalt für Wasserbau. S. 38-42.

Standardnutzungsbedingungen/Terms of Use:

Die Dokumente in HENRY stehen unter der Creative Commons Lizenz CC BY 4.0, sofern keine abweichenden Nutzungsbedingungen getroffen wurden. Damit ist sowohl die kommerzielle Nutzung als auch das Teilen, die Weiterbearbeitung und Speicherung erlaubt. Das Verwenden und das Bearbeiten stehen unter der Bedingung der Namensnennung. Im Einzelfall kann eine restriktivere Lizenz gelten; dann gelten abweichend von den obigen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

Documents in HENRY are made available under the Creative Commons License CC BY 4.0, if no other license is applicable. Under CC BY 4.0 commercial use and sharing, remixing, transforming, and building upon the material of the work is permitted. In some cases a different, more restrictive license may apply; if applicable the terms of the restrictive license will be binding.



Verkehrslastmodelle für Brücken – Einführung

Dipl.-Ing. Rainer Ehmann (BAW)

Einleitung

Für jeden Verkehrsteilnehmer sichtbar und spürbar ist die seit Jahrzehnten stetige Zunahme des Straßenverkehrs und hier insbesondere des Schwerverkehrs, der in seiner Häufigkeit und Größe der Gewichte maßgebend für die Brückenbelastung ist. Die entsprechenden Lastnormen wurden daher immer wieder angepasst, d.h. die einwirkenden Lasten wurden erhöht. Allein in diesem Jahrhundert schon zwei Mal, nämlich 2003 mit der Einführung des DIN-Fachberichtes 101, der damit eine schon lang geplante europäische Anpassung vorwegnahm. Nur 10 Jahre später kam der mit deutlich höheren Lasten versehene Eurocode DIN EN 1991-2 + NA, der für die Bemessung neuer Brücken die Grundlage bildet.

Erstmalig gibt es seit 2011 für Brücken im Zuge von Bundesfernstraßen eine Nachrechnungsrichtlinie für bestehende Brücken. Im Gegensatz zu Neubauten, für welche einheitlich hohe Verkehrslasten anzusetzen sind, erlaubt die Nachrechnungsrichtlinie je nach Verkehrsart und Verkehrsstärke eine angepasste Belastung, das sogenannte „Ziellastniveau“. Bei mehreren zehntausenden Brücken im Bestand kommt einer realitätsnahen, objektspezifischen Verkehrslastermittlung eine große wirtschaftliche Bedeutung zu. Aus dieser Motivation heraus wurde in letzter Zeit zu diesem Themenkomplex verstärkte Forschungstätigkeit ausgelöst.

Anforderungen an ein Verkehrslastmodell

Da es in der Praxis nicht möglich ist, die realen Belastungen aus Verkehr einer Bemessung zu Grunde zu legen, sind möglichst einfache, nicht reale Modelle zu definieren, die das wirkliche Verkehrsgeschehen hinsichtlich seiner Auswirkungen auf die Gebrauchstauglichkeit, Tragsicherheit und Ermüdungsfestigkeit ausreichend genau abbildet. Grundlage für die Bemessung eines Bauwerkes sind die Nachweise in Grenzzuständen, die in Verbindung mit dem semiprobabilistischen Sicherheitskonzept eine ausreichende Zuverlässigkeit erwarten lassen. Hierzu bedarf es der charakteristischen Werte der Einwirkungen aus Lastmodellen, d.h. des Quantilwertes einer Einwirkung mit einer begrenzten Überschreitungswahrscheinlichkeit.

Weitere Anforderungen an ein Verkehrslastmodell für Straßenbrücken:

- § für die praktische statische Berechnung muss es möglichst einfach sein, d.h. hauptsächlich Flächenlasten, nur wenige Einzellasten
- § es enthält die dynamischen Effekte des fließenden Verkehrs.
- § es gilt für die Quer- und für die Längsrichtung des Bauwerkes, für lokale und globale Beanspruchungen
- § Gültigkeit für alle Brückenarten, statischen Systemen, Spannweiten, Brückenbreiten
- § anwendbar für alle Bauteile wie Längs- und Querträger, Zugglieder, Fahrbahnplatte, Brückenlager usw.

- § berücksichtigt werden unterschiedliche Verkehrssituationen, fließender Verkehr, Stau, Baustellensituationen usw.
- § das Lastmodell muss zukunftsicher sein, d.h. mögliche Verkehrszunahme und Anpassungen der StVZO (Straßenverkehrszulassungsordnung) berücksichtigen.

Sofern ein Lastmodell nicht objektspezifisch ermittelt wird, bedeutet dieser durch die zuvor genannten Anforderungen definierte universelle Anspruch, eine obere Deckelung für die Lastgröße.

Abriss über die historische Entwicklung

Für Straßenbrücken des 19. Jahrhunderts und zu Beginn des 20. Jahrhunderts bildeten Fuhrwerke und Menschenansammlungen die maßgebende Belastung.

Ein Lastschema nach Bargmann (1998) zeigt ein Lastschema für Pferdefuhrwerke und einer 23t – Dampfwalze:

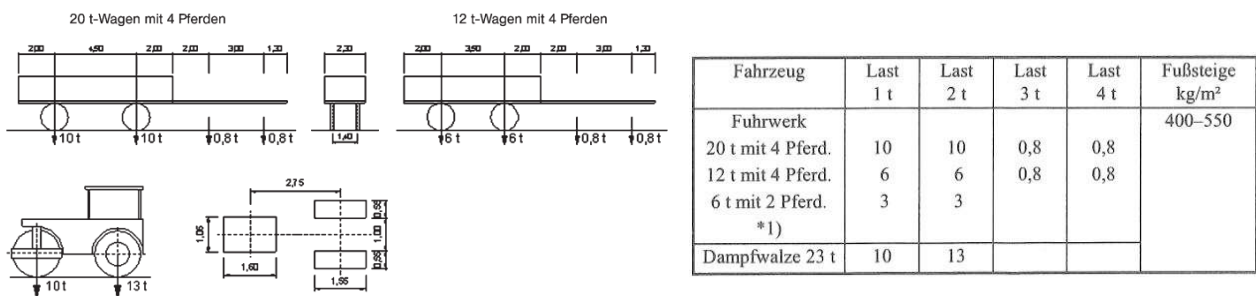


Bild 1: Lastschema für Straßenbrücken im Jahr 1910

In der ersten DIN 1072, Ausgabe 1925 wurden Brückenklassen I bis IV eingeführt. Dabei blieb bei der höchsten Brückenklasse I die 23t – Dampfwalze erhalten, das Pferdefuhrwerk wurde in Folge der Motorisierung durch Lastkraftwagen ersetzt. Die nachfolgende Bild 2 zeigt die Abmessungen und Gewichte der Regellasten aus der DIN 1072, Ausgabe 1931:

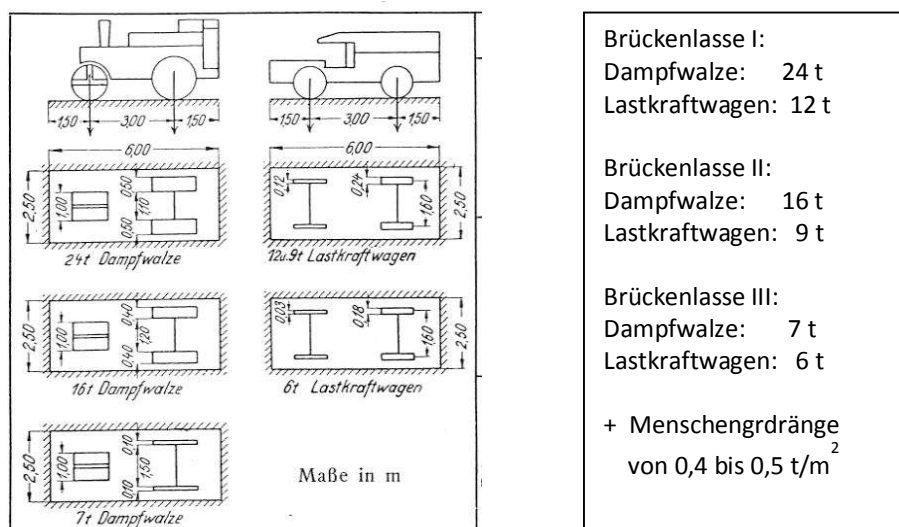
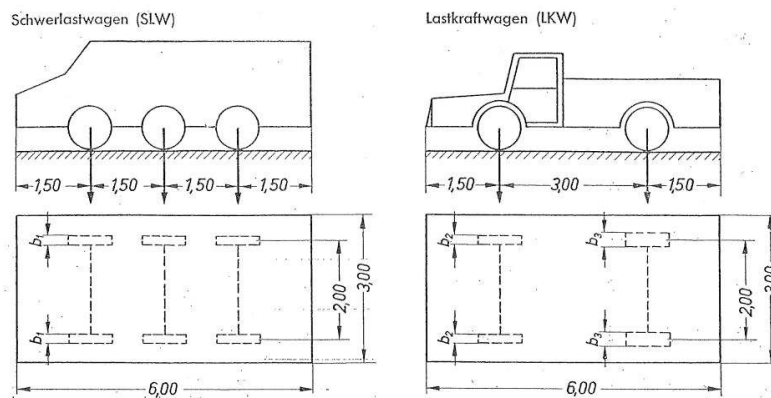


Bild 2: Abmessungen und Gewichte der Regelklassen nach DIN 1072: 1931

In Konsequenz der geschichtlichen Entwicklung wurde mit der Ausgabe 1944 eine Brückenkategorie IA eingeführt, bei welcher an Stelle der Dampfwalze ein Raupenfahrzeug mit 40t anzusetzen war.

Mit der Ausgabe 1952 gab es eine grundlegende Änderung der Norm, erstmals wurde ein fiktives Fahrzeug, der Schwerlastwagen (SLW) mit 3 dicht hintereinander liegende Achsen eingeführt, der weit mehr als doppelt so schwer war als das nach StVZO zugelassene Gesamtgewicht von 24t für ein Sattelkraftfahrzeug. Die zugehörige Brückenkategorie 60 galt für Autobahnen und das schwere Einzel- fahrzeug sollte auch Sonderfahrten von überschweren Fahrzeugen abdecken.



Tafel II Gewichte und Aufstandsweiten der Regelfahrzeuge¹⁾

Klasse	Gesamtlast t	Radlast t	Aufstandsweite b_1 m	Klasse	Gesamtlast t	Vorderräder		Hinterräder	
						Radlast t	Aufstandsweite b_2 m	Radlast t	Aufstandsweite b_3 m
60	60	10,0	0,60	12	12	2,0	0,20	4,0	0,30
45	45	7,5	0,50	6	6	1,0	0,14	2,0	0,20
30	30	5,0	0,40	3	3	0,5	0,10	1,0	0,14

Aufstandslänge der Radlast in Fahrtrichtung = 0,20 m
Aufstandsfläche jedes Rades = $0,20 \times b$ in m^2

Bild 3: Regellasten nach DIN 1072: 1952

Während der 15-jährigen Gültigkeitsdauer der 1952er Ausgabe wurde das zulässige Gesamtgewicht eines Sattelfahrzeuges von 24t auf 38t erhöht. Die in 6 Brückenklassen stark gegliederte Einteilung wurde mit der Ausgabe 1967 aufgegeben. Es gab dann nur noch 3 Regelklassen, nämlich BK 60 (Autobahnen bis Landstraßen und Stadtstraßen), BK 30 (Kreisstraßen, Hauptwirtschaftswege) und BK 12 (Wirtschaftswege für leichten Verkehr).

Die weitere Zunahme des Verkehrs führte 1985 zu einer weiteren Anpassung der Norm DIN 1072: parallel zum SLW der Hauptspur war ein weiterer SLW auf gleicher Höhe und dicht neben der Hauptspur zu berücksichtigen. Fortan wurden die Brücken des übergeordneten Straßennetzes für die Brückenkategorie 60/30 bemessen.

Nach 78 Jahren endet die Ära der DIN 1072 – Reihe, die für Generationen von Bauingenieuren als „die“ Belastungsnorm für Straßenbrücken galt. Im Jahr 2003 hielt mit Einführung der DIN-Fachberichte, für Lastannahmen für Straßen- und Eisenbahnbrücken die Nummer 101, „Europa“ Einzug in die Normenwelt. Zehn Jahre später, 2013, wurde der Eurocode mit nationalem Anhang für Deutschland eingeführt, die DIN EN 1991-2 + NA. Sie stellt das heute gültige Regelwerk für Brückenverkehrslasten dar.

Der SLW wurde ersetzt durch ein noch fiktiveres 2-achsiges Tandemfahrzeug, die Flächenlasten wurden nochmals deutlich erhöht.

Methodik zur Bestimmung eines Verkehrslastmodells

Das grundsätzliche Lastschema für ein Verkehrslastmodell hat sich über die ganze zeitliche Entwicklung nicht verändert. Es besteht aus Einzellasten mit definierten Achs- und Radabständen, die zunächst reale, später fiktive schwere Fahrzeuge repräsentieren. Die verbleibenden Fahrbahnflächen werden mit Flächenlasten belegt, teilweise differenziert nach Hauptspur, Nebenspur und Gehwegbereichen. Dynamische Wirkungen werden durch Schwingbeiwerte abgedeckt.

Wie die Ausführungen des vorangegangenen Abschnittes zeigen, erfolgte die Festlegung eines Belastungsschemas in den Normen bis zum Ende des 20. Jahrhunderts im Wesentlichen deterministisch und orientierte sich am realen Verkehrsgeschehen wie z.B. an Pferdefuhrwerken und Dampfwalzen usw. Dabei wurden für Abmessungen – möglichst kompakt - und Gewichte ungünstige Annahmen getroffen. In den Erläuterungen zur DIN 1072, Ausgabe 1931, Beiblatt heißt es: *Bei der Auswahl der einzelnen Regellasten ist weniger maßgebend gewesen, ob die Gewichte und Abmessungen genau denjenigen der tatsächlich verkehrenden Fahrzeuge entsprechen, als vielmehr, daß sie mit möglichst wenigen und einfachen Grundformen alle für die betreffende Brückenklasse in Betracht kommenden Lasten zu vertreten geeignet sind. Z.B. soll bei Brücken der Klasse I die praktisch nicht vorkommende 24 t Dampfwalze auch ganz anders geartete Lasten vertreten (z.B. Kesselwagen und Dampfzuglokomotiven)...*

Auch erste probabilistische Überlegungen werden angestellt und die Abminderung der Last für „Menschengedränge“ bei zunehmender Stützweite damit begründet, *daß eine gleichzeitige volle Belastung sehr großer Strecken durch sich bewegende Fahrzeuge, Menschengedränge, Viehherden oder dergl. sehr unwahrscheinlich ist.*

In den Vorbemerkungen zum Beiblatt zur DIN 1072, Ausgabe 1967 heißt es zur Neufassung der Ausgabe 1952, *dass die Ausgabe Juni 1952 des Normenblattes DIN 1072 so abgefaßt war, daß die Norm sowohl dem allgemein zugelassenen Kraftverkehr mit wirtschaftlichen Mitteln Rechnung trug, als auch Sonderfahrten mit überschweren Fahrzeugen ohne Überschreitung der zulässigen Spannungen ermöglichte.*

Auch die Aktualisierung der Regellasten im Jahr 1985 erfolgte noch auf deterministischer Basis wie Lehmann und Adam (1983) ausführten. Dabei wurde die rechte Fahrspur (Hauptspur) mit einer Folge von 10,80 m langen Sattelschleppern mit 420 kN Gesamtgewicht belastet, was einem um 10% überladenen zugelassenen Fahrzeug entspricht. Es wurden 2 Varianten mit 1,0m und 10,0 m lichtem Fahrzeugabstand untersucht, wobei die erste Variante als wenig wahrscheinlich eingestuft wurde. In der parallelen Nebenspur wurde ein 420 kN-Fahrzeug angeordnet mit Flächenlasten von 3 kN/m² auf den Restflächen. Umfangreiche Vergleichsrechnungen und eher intuitive Überlegungen zur Auftretenswahrscheinlichkeit führten dann zu den bekannten Brückenklassen 60/30 und 30/30.

Einhergehend mit der Entwicklung der Eurocodes in den 1980er und 1990er Jahren wurden neue Wege der Verkehrslasterfassung und Lastmodellentwicklung beschritten, die auch heute dem Stand

der Forschung entsprechen. Hierzu werden zunächst Messungen zur Erfassung des realen Verkehrs durchgeführt. In den 1980er Jahren erfolgten diese an bekannt hoch belasteten Autobahnbrücken z. B. Auxerre bei Paris und an der Brohltalbrücke im Zuge der A61. Die erhobenen Daten werden statistisch ausgewertet, um den so gemessenen Schwerverkehr nach verschiedenen Kriterien zu charakterisieren. Darauf aufbauend können zufallsbasierte Simulationen durchgeführt werden, die zu Fahrzeugfolgen führen, die wiederum in Verbindung mit zu untersuchenden statischen Systemen zu Beanspruchungs-Zeitverläufen führen, siehe z. B. Böning (2013). Der Vorteil derartiger Simulationen liegt darin, dass mit Prognoseszenarien die mögliche künftige Verkehrsentwicklung berücksichtigt werden kann. Durch weitere statistische Auswertungen der Beanspruchungen und einer zuverlässigkeitsorientierten Extrapolation auf eine angestrebte Gesamtnutzungsdauer erhält man dann charakteristische Werte, die heute gemäß DIN EN 1991-2 einer mittleren Wiederkehrperiode von 1.000 Jahren entsprechen. Beanspruchungen aus dem angepassten Lastmodell müssen diese charakteristischen Werte aus der Simulation überschreiten.

Literatur

Bargmann, Horst (1998): Historische Bautabellen, Normen und Konstruktionshinweise von 1870 bis 1960. Düsseldorf: Werner Verlag.

Lehmann, Günter; Adam, Joachim (1983): Aktualisierung der Verkehrs-Regellasten für Straßenbrücken. Zur Neufassung der DIN 1072. In: Straße und Autobahn, Heft 9/1983.

Böning, Sebastian (2013): Entwicklung einer geschlossenen Vorgehensweise zur Ermittlung von Beanspruchungen von Brückenbauwerken infolge Straßenverkehr. Von Verkehrsmessungen zu stochastischen Beschreibungen von Verkehrsbeanspruchungen von Brückenbauwerken. Aachen: Shaker Verlag.